

b. 12β -Acetoxy-pregnan-3,20-dion (XXX).

5,5 g Dien-monoacetat löste man in 30 cm³ Chloroform und 100 cm³ Eisessig und liess innerhalb einer Stunde bei 15—20° eine Lösung von 5 g Chromtrioxyd in 4 cm³ Wasser und 23 cm³ Eisessig zutropfen. Nach 3 Stunden wurde das Reaktionsgemisch in Wasser gegossen und nach Zugabe von etwas Hydrogensulfit mit Äther ausgeschüttelt. Die neutral gewaschene Lösung lieferte nach dem Eindampfen 5,0 g eines rötlichen Harzes, das man in üblicher Weise mit Girard-Reagens behandelte. Die auf diese Weise gewonnene Ketonfraktion krystallisierte nach Zusatz von etwas Isopropyläther in Form eines feinen Pulvers, das bei 126,5—127° schmolz. Durch mehrmaliges Umkrystallisieren aus Aceton wurden feine, zu Drusen verwachsene lanzettförmige Nadelchen erhalten. Auch dieses Diketon erwies sich als dimorph; denn es schmolz zuerst bei 130—131°, erstarrte wieder zu breiten Prismen und schmolz endgültig bei 136°.

Die Mischprobe mit einem von Hegner und Reichstein in anderer Weise gewonnenen Präparat zeigte keine Schmelzpunktserniedrigung.

Die Analysen wurden unter der Leitung von Hrn. Dr. Gysel in unserem mikroanalytischen Laboratorium ausgeführt.

Wissenschaftliche Laboratorien der Ciba, Basel.
Pharmazeutische Abteilung.

216. Zur Kenntnis des Abbaues der Aminosäuren
im tierischen Organismus.

4. Über den oxydativen Abbau der Aminosäuren im Gehirn
von S. Edlbacher und O. Wiss.

(25. X. 44.)

In unserer früheren Mitteilung¹⁾ haben wir über den Abbau verschiedener Aminosäuren durch Gehirnhackbrei berichtet. In Erweiterung der ursprünglichen Versuche von Weil-Malherbe²⁾ konnte gezeigt werden, dass unter den gewählten Versuchsbedingungen zerkleinertes Gehirngewebe nicht nur *l*-Glutaminsäure, sondern auch *l*- und *d*-Alanin, *l*- und *d*-Valin, *l*- und *d*-Leucin, *l*- und *d*-Asparaginsäure oxydativ desaminiert. In Fortsetzung dieser Untersuchungen haben wir nun festgestellt, dass durch Gehirngewebe auch *l*- und *d*-Isoleucin, *l*- und *d*-Phenylalanin, *d*-Histidin, *l*-Arginin, *l*-Ornithin, *l*-Lysin und *l*-Tryptophan oxydativ desaminiert werden. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen unserer letzten Mitteilung zeigte es sich auch hier, dass die unnatürlichen *d*-Formen der Aminosäuren viel intensiver desaminiert werden als ihre optischen Antipoden. Als Mass für den Abbau haben wir wieder die Ammoniakbestimmung nach der Conway'schen Diffusionsmethode verwendet. In manchen Fällen ist bei den Atmungsversuchen kein Sauerstoff-Mehrverbrauch

¹⁾ Helv. **27**, 1060 (1944).

²⁾ Biochem. J. **30**, 665 (1936).

bei Zusatz einer Aminosäure zu beobachten. Dies kommt daher, dass die in dem Enzym-Material schon vorhandenen oxydierbaren Substanzen mit der zugesetzten Aminosäure um den Sauerstoff konkurrieren. Diese sogenannte Leeratmung des Enzym-Materials ist manchmal sehr stark. Wir haben schon in den beiden Mitteilungen mit *H. Grauer*¹⁾ auf diese Tatsache hingewiesen.

Da die erwähnte *Conway'sche Ammoniak-Bestimmungsmethode* es nun gestattet, noch wenige Gamma gebildeten Ammoniaks mit grösster Sicherheit zu bestimmen, ist erst durch Anwendung dieser Versuchstechnik der Nachweis des Abbaues vieler Aminosäuren möglich gewesen. Die unnatürlichen Aminosäuren der *d*-Reihe werden über zehnfach, in einzelnen Fällen sogar hundertfach stärker abgebaut als die Aminosäuren der natürlichen *l*-Reihe. In manchen Fällen liegen die gebildeten Ammoniakwerte für die *l*-Aminosäuren gerade an der Grenze der Leistungsfähigkeit der Methodik. Durch sorgfältigste Kontrolluntersuchungen sind aber auch diese Abbauwerte durchaus sichergestellt.

Dass es sich bei diesen Abbauprozessen um aerobe Desaminierungen handelt, konnten wir dadurch beweisen, dass wir die gleichen Abbauprozesse in Stickstoff-Atmosphäre durchführten, wobei sich keine Ammoniakbildung feststellen liess. In unserer vorherigen Mitteilung hatten wir im Anschluss an die Untersuchungen über das *Abderhalden'sche Schockphänomen*, das namentlich bei Tauben nach Injektion von *d*-Alanin auftritt, die Möglichkeit erwogen, dass diese Symptome durch Blockierung lebenswichtiger Stoffwechselvorgänge des Gehirns durch *d*-Alanin bedingt wären. Auf Grund dieser Überlegung hatten wir in der früheren Mitteilung schon Konkurrenzversuche zwischen verschiedenen *d*- und *l*-Aminosäuren mitgeteilt, welche ergaben, dass bei Wahl von geeigneten Aminosäure-Konzentrationen sehr intensive Konkurrenzen um den Sauerstoff-Verbrauch auftreten können. Diese Konkurrenzversuche bildeten einen deutlichen Hinweis, dass beim *Abderhalden'schen Schockphänomen* wahrscheinlich ebenfalls derartige Konkurrenzen auftreten. Wir werden in einer folgenden Mitteilung auf diese eigentümlichen Verhältnisse ausführlich zurückkommen.

Weiterhin wurde die Intensität der oxydativen Desaminierung in Gehirn-, Leber- und Nierengewebe, das in gleicher Weise präpariert worden war, verglichen. Solchen Vergleichen haftet natürlich eine Willkür an, denn es werden die Abbauwerte auf das Organvolumen oder das Organgewicht bezogen. Bei der grossen histologischen Verschiedenheit der verglichenen drei Organe sagen derartige Vergleichswerte natürlich nur bilanzmäßig etwas über die Intensität des Eiweiß-Stoffwechsels in den betreffenden Organen aus. Man

¹⁾ *Helv.* **27**, 151 und 928 (1944).

könnte sich aber vorstellen, dass gewisse Zellarten oder Zellbezirke in den verschiedenen Organen die oxydative Desaminierung in gleicher Intensität durchführen. Nur kann dies mit der vorliegenden Methodik nicht bewiesen werden. Bei der Besprechung der Ergebnisse werden wir auf diesen Punkt noch zurückgreifen.

In einer früheren Mitteilung haben *S. Edlbacher, E. Goldschmidt und V. Schläppi*¹⁾ namentlich in bezug auf die Dephosphorylierungsreaktion Untersuchungen mitgeteilt, welche eine eigentümliche Reaktionsträgheit der Gehirnsubstanz gegenüber anderen Geweben bewiesen. Diese Versuche stehen in einer gewissen Übereinstimmung zu den oxydativen Desaminierungsvorgängen des Gehirns, die auch bilanzmäßig relativ geringfügig sind, mit Ausnahme der schon von *Weil-Malherbe* (l. c.) nachgewiesenen dominierenden oxydativen Desaminierung der *L*-Glutaminsäure. Dass tatsächlich grosse Unterschiede durch den histologischen Bau des Gehirns bedingt sind, wurde schon in unserer letzten Mitteilung auf Grund der Atmungsgröße verschiedener Gehirnpartien gezeigt.

In den mitgeteilten Versuchen liess sich ein Abbau der verschiedenen Aminosäuren meist nur bei Anwendung von ganz unphysiologisch hohen Substratkonzentrationen nachweisen. Dies muss aber nun nicht bedeuten, dass unter physiologischen Bedingungen tatsächlich kein Abbau stattfindet. Im intakten Gehirngewebe finden neben den Desaminierungsvorgängen sicher eine grosse Zahl von aminierenden und umaminierenden Reaktionen statt, sodass normalerweise Ammoniak im freien Zustand gar nicht auftreten kann. Es ist dementsprechend von vornherein zu erwarten, dass erst bei Anwendung sehr hoher Substratkonzentrationen das Gleichgewicht des Reaktionsablaufs so weit verschoben wird, dass freies Ammoniak nachweisbar wird.

Die antipodische Hemmung des Aminosäure-Abbaues, die der eine von uns (*E.*)²⁾ am Beispiel der Histidase nachgewiesen hat, lässt sich, wie schon oben erwähnt, beim oxydativen Aminosäure-Abbau weitgehend beobachten. Ihr Auftreten weist darauf hin, dass wahrscheinlich die einzelnen Aminosäure-oxydasen gemeinsame Komponenten besitzen. Wir werden in einer folgenden Mitteilung genauer darauf eingehen.

Experimenteller Teil.

Die Bereitung des ausgewaschenen Hackbreies des Gehirns, die Messung des Sauerstoff-Verbrauches, die Bestimmung des gebildeten Ammoniaks sind in der letzten Mitteilung beschrieben. Der Leber- und Nierenhackbrei wurde in der gleichen Weise hergestellt und ausgewaschen. Der Gehirnhackbrei wurde jeweils ohne Pufferzusatz in die Warburg-Gefässe pipettiert. Es hat sich als notwendig erwiesen, zum Leber- und Nierenhackbrei etwas Puffer zuzugeben, damit sich das Material in die Pipette aufsaugen liess, und zwar wurde $\frac{1}{3}$ des Organgewichts Puffer zugesetzt. Für alle Versuche verwendeten

¹⁾ Z. physiol. Ch. **227**, 118 (1934).

²⁾ Z. physiol. Ch. **265**, 61 (1940).

wir Sörensen-Phosphatpuffer $p_H = 7,0$. Die Versuchsdauer betrug immer eine Stunde. Das Gesamtflüssigkeitsvolumen ist bei den einzelnen Tabellen angegeben. Die angegebenen Konzentrationen sind als Endkonzentration des jeweiligen Ansatzes zu betrachten. Der Sauerstoffverbrauch ist in den Tabellen mit einem + bezeichnet. Ist der Sauerstoffverbrauch kleiner als der des Leeransatzes, so findet sich ein — vor den Ziffern. Für die Versuche in Stickstoff-Atmosphäre haben wir die Gefässchen mit einem kräftigen Stickstoff-Strom, der durch Pyrogallollösung und über glühende Kupferwolle geleitet wurde, während 10 Minuten durchströmt. Die in den folgenden Tabellen zusammengestellten Abbauwerte sind als Einzelwerte vielfach wiederholter Untersuchungen zu betrachten, die prinzipiell immer das gleiche Resultat ergaben.

Tabelle 1.
Abbau weiterer Aminosäuren.

Gesamtflüssigkeitsvolumen = 4 cm^3 .

Ratten-Hirnhackbrei = 1 cm^3 .

Aminosäuren	Mol	mm^3 Sauerstoff- Verbrauch	O_2 -Verbrauch abzüglich Leerwert	$\gamma \text{ NH}_3$ - Bildung	$\gamma \text{ NH}_3$ - Bildung abzüglich Leerwert
—	—	152	—	37	—
<i>l</i> -Phenylalanin . . .	m/10	161	+ 9	45	8
<i>d</i> -Phenylalanin . . .	m/20	191	+ 39	106	69
—	—	179	—	37	—
<i>l</i> -Isoleucin	m/10	156	- 23	43	6
<i>d</i> -Isoleucin	m/10	195	+ 16	79	42
—	—	134	—	38	—
<i>l</i> -Arginin	m/10	159	+ 25	48,5	10,5
<i>l</i> -Lysin	m/10	143	+ 9	45	7
—	—	91	—	23	—
<i>l</i> -Tryptophan . . .	m/15	79	- 12	28	5
<i>l</i> -Ornithin	m/10	100	+ 9	32	9
—	—	211	—	45	—
<i>l</i> -Histidin	m/10	194	- 17	45	0
<i>d</i> -Histidin	m/10	235	+ 24	58	13

Tabelle 1a.

Gesamtflüssigkeitsvolumen = $2,5 \text{ cm}^3$.

Ratten-Hirnhackbrei = $0,5 \text{ cm}^3$.

Aminosäuren	Mol	mm^3 Sauerstoff- Verbrauch	O_2 -Verbrauch abzüglich Leerwert	$\gamma \text{ NH}_3$ - Bildung	$\gamma \text{ NH}_3$ - Bildung abzüglich Leerwert
—	—	72	—	14	—
<i>l</i> -Tyrosin	m/60	56	- 16	13,5	- 0,5
Glykokoll	m/6	72	0	15	1
Glykocyanin	m/10	68	- 4	14	0

Tabelle 2.

Abbau der Aminosäuren in Stickstoff-Atmosphäre.

Gesamtflüssigkeitsvolumen = 4 cm³.

Ratten-Gehirnhackbrei = 1 cm³.

Aminosäure	Mol	γ Ammoniak	γ Ammoniak abzüglich Leerwert
—	—	21,5	—
d-Alanin	m/10	19	- 2,5
l-Alanin	m/10	20	- 1,5
d-Valin	m/10	20	- 1,5
l-Valin	m/10	19	- 2,5
—	—	12	—
d-Leucin	m/15	13,5	1,5
l-Leucin	m/15	14,5	2,5
d-Isoleucin . . .	m/15	15,5	3,5
l-Isoleucin . . .	m/15	12,5	0,5
—	—	17	—
d-Phenylalanin .	m/15	17	0
l-Phenylalanin .	m/15	19	2
d-Histidin	m/10	17	0
—	—	11	—
l-Tryptophan . .	m/12,5	12,5	1,5
l-Ornithin	m/10	12	1
l-Arginin	m/5	11,5	0,5
l-Lysin	m/5	11	0

Tabelle 3.

Konkurrenzversuche zwischen den optischen Antipoden.

Gesamtflüssigkeitsvolumen = 4 cm³.

Ratten-Gehirnhackbrei = 1 cm³.

Aminosäuren	Mol	mm ³ Sauerstoff- Verbrauch	O ₂ -Verbrauch abzüglich Leerwert	γ NH ₃ - Bildung	γ NH ₃ - Bildung abzüglich Leerwert
—	—	47	—	23	—
l-Alanin	m/10	72	+ 25	34	11
d-Alanin	m/10	194	+ 147	87,5	64,5
l-Alanin +	m/10	210	+ 163	91	68
—	—	73	—	24,5	—
l-Valin	m/10	86	+ 13	34,5	10
d-Valin	m/10	106	+ 33	55	30,5
l-Valin +	m/10	113	+ 40	55	30,5
d-Valin	m/10				

Tabelle 3 (Fortsetzung).

Aminosäuren	Mol	mm ³ Sauerstoff- Verbrauch	O ₂ -Verbrauch abzüglich Leerwert	γ NH ₃ - Bildung	γ NH ₃ - Bildung abzüglich Leerwert
—	—	84	—	24,5	—
<i>l</i> -Leucin	m/11,5	96	+ 12	31	6,5
<i>d</i> -Leucin	m/15	100	+ 16	48	23,5
<i>l</i> -Leucin +	m/11,5	97	+ 13	45	20,5
<i>d</i> -Leucin	m/15				
—	—	126	—	25,5	—
<i>l</i> -Isoleucin	m/10	135	+ 9	30	4,5
<i>d</i> -Isoleucin	m/10	153	+ 27	49	23,5
<i>l</i> -Isoleucin +	m/10	153	+ 27	44	18,5
<i>d</i> -Isoleucin	m/10				
—	—	114	—	28	—
<i>l</i> -Phenylalanin .	m/11,5	119	+ 5	35	7
<i>d</i> -Phenylalanin .	m/11,5	152	+ 38	120	92
<i>l</i> -Phenylalanin + .	m/11,5	147	+ 33	96	68
<i>d</i> -Phenylalanin .	m/11,5				
—	—	211	—	45	—
<i>l</i> -Histidin	m/10	194	— 17	45	0
<i>d</i> -Histidin	m/10	235	+ 24	58	13
<i>l</i> -Histidin +	m/10	216	+ 5	53	8
<i>d</i> -Histidin	m/10				

Aus den obigen Tabellen ergibt sich also, dass ausser den in der 3. Mitteilung erwähnten Aminosäuren durch Gehirngewebe *l*- und *d*-Isoleucin, *l*- und *d*-Phenylalanin, *d*-Histidin, *l*-Arginin, *l*-Ornithin, *l*-Lysin und *l*-Tryptophan oxydativ desaminiert werden, während bei Glykokoll, *l*-Histidin und Glykocystamin keine Ammoniakbildung nachweisbar ist.

Tabelle 2 zeigt, dass tatsächlich in Stickstoff-Atmosphäre keine messbaren Ammoniakmengen nachgewiesen werden können. Der Abbau der Aminosäuren durch Gehirnhackbrei geht also nur unter aeroben Bedingungen vor sich. Es sei übrigens ausdrücklich erwähnt, dass man bei Ersatz des Sauerstoffs durch andere Wasserstoff-Akzeptoren wie Methylenblau etc. nach der Thunberg'schen Methodik die oxydative Desaminierung der Aminosäuren im Gehirn ebenfalls beobachten kann.

Die in Tabelle 3 wiedergegebenen Konkurrenzversuche zeigen deutlich, dass die *l*- und *d*-Substrate um das Enzym konkurrieren. Es ist auch noch zu erwähnen, dass mit zunehmender Länge der C-Kette ansteigend von Alanin → Valin → Leucin ein Ansteigen der konkurrierenden Hemmung zu beobachten ist.

Der Vergleich des Abbaues der verschiedenen Aminosäuren im Gehirn-, Leber- und Nierengewebe ergibt bei allen drei Organen, dass sie sich prinzipiell gleich verhalten. Wenn tatsächlich im Gehirn der Abbau der meisten Aminosäuren, bezogen auf das Organ gewicht, sehr geringfügig erscheint, so ist zu bedenken, dass durch den grossen Lipoidreichtum des Nervengewebes hier spezielle Verhältnisse bestehen. Wie schon eingangs hervorgehoben wurde, erscheint es wahrscheinlich, dass ganz bestimmte histologische Elemente die oxydative Desaminierung der Aminosäuren durchführen. Es muss in diesem Zusammenhang auf die zahlreichen Beobachtungen von T. Caspersson¹⁾ hingewiesen

¹⁾ Zusammenfassende Darstellung: Acta Radiol. Suppl. 46, Stockholm 1942 sowie Naturwiss. 29, 29 (1941).

Tabelle 4.
Gegenüberstellung der Abbauwerte von Gehirn-, Leber- und Nierengewebe der Ratte.
Gesamtflüssigkeitsvolumen für Ansätze mit Gehirn = 4 cm³. Gesamtflüssigkeitsvolumen für Ansätze mit Leber und Niere = 3 cm³.
Legende: G = Gehirn, L = Leber, N = Niere.

Aminosäuren	Mol	min ³ O ₂ -Verbrauch			O ₂ -Verbrauch ab- züglich Leerwert			γ Ammoniak- Bildung			γ Ammoniak-Bildung abzüglich Leerwert		
		G	L	N	G	L	N	G	L	N	G	L	N
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>l</i> -Alanin	m/10	47	73	264	—	—	—	23	12	44	—	—	—
<i>d</i> -Alanin	m/10	72	89	180	+ 25	+ 16	—	84	34	22	11	10	— ^{2*}
—	m/10	194	287	1473	+ 147	+ 214	+ 1209	87,5	421	1810	64,5	409	1766
<i>l</i> -Valin	—	73	73	285	—	—	—	24,5	12	35	—	—	—
<i>d</i> -Valin	m/10	86	57	221	+ 13	—	—	64	34,5	25	58	10	23
—	m/10	113	157	703	+ 33	+ 84	+ 418	55	202	975	30,5	190	940
*** <i>l</i> -Leucin	—	84	81	253	—	—	—	24,5	18	25	—	—	—
<i>d</i> -Leucin	m/11,4	96	77	185	+ 12	—	—	68	31	27,5	56	6,5	31
—	m/15	100	131	348	+ 16	+ 50	+ 95	48	105	746	23,5	87	721
<i>l</i> -Isoleucin	—	126	95	253	—	—	—	25,5	20,5	25	—	—	—
<i>d</i> -Isoleucin	m/10	135	96	254	+ 9	+ 1	+ 1	30	29	75	4,5	8,5	50
—	m/10	153	141	532	+ 27	+ 46	+ 279	49	100	646	23,5	79,5	621
<i>l</i> -Phenylalanin	—	152	39	379	—	—	—	37	20	47	—	—	—
<i>d</i> -Phenylalanin	m/20	161	50	212	+ 9	+ 11	+ 167	45	69	90	8	49	43
—	m/10	191	199	568	+ 53	+ 160	+ 189	106	377	1022	69	+ 357	975
<i>d</i> -Histidin **	—	82	42	251	—	—	—	21	11	30	—	—	—
—	m/10	106	93	332	+ 24	+ 51	+ 81	35	77	298	14	66	268
<i>l</i> -Tryptophan	m/12,5	102	53	383	—	—	—	23	15	44	—	—	—
—	m/10	83	43	151	— 19	— 10	— 232	30	20	68	7	5	24
<i>l</i> -Lysin	—	134	73	369	—	—	—	38	12,5	43	—	—	—
<i>l</i> -Ornithin	m/10	143	60	452	+ 9	+ 13	+ 83	45	25	12,5	43	7	56
—	m/10	97	73	366	—	—	—	35	18,5	190	10	—	—
—	m/10	100	72	551	+ 3	— 1	+ 185	35	—	—	6	147	—

* Bei höherer Alaninkonzentration fand jedoch eine messbare Ammoniakbildung statt. Bei m/2,5 *l*-Alanin-Konzentration betrug sie 13 γ.

** *l*-Histidin wurde wegen des Vorkommens der Histidase nicht aufgenommen.

*** In allen Versuchsansätzen mit Nierenhackbrei betrug die *d*- und *l*-Leucinkonzentration m/10.

werden, welcher den Beweis zu führen versucht, dass die Eiweiss-Synthese sich hauptsächlich in der Zellkernsubstanz abspielt. Da Aminosäure-Synthese und Aminosäure-Abbau in innigster Weise miteinander verknüpft sein werden, erscheint es vom physiologischen Standpunkt sehr wahrscheinlich, dass bestimmte Zellbezirke in den verschiedenen Organen in ähnlicher Weise funktionieren.

Wir möchten endlich nochmals hervorheben, dass diese Untersuchungen mit den ursprünglichen Beobachtungen von *Weil-Malherbe* (1. c.) nicht in Widerspruch stehen, sondern diese durch eine andere Versuchstechnik erweitern.

Frl. Frieda Nebiker hat bei den Versuchen wertvolle Hilfe geleistet.

Basel, Physiologisch-chemisches Institut der Universität.

217. Zur Kenntnis des Abbaues der Aminosäuren
im tierischen Organismus.

5. Die antipodische Hemmung des Aminosäure-Abbaues
von S. Edlbacher und O. Wiss.

(25. X. 44.)

Als „antipodische Hemmung“ bezeichnen wir bekanntlich die Erscheinung, dass der enzymatische Abbau einer optisch aktiven Substanz durch die Gegenwart des optischen Antipoden gehemmt wird. Es wurde dieses Verhalten von einem von uns (*E.*) am Beispiel der Histidase¹⁾ gezeigt. Auch *E. Bamann*²⁾ hat solche Verhältnisse bei den Organproteasen entdeckt. Er konnte zeigen, dass bei Versuchen mit *d,l*-Leucylglycin die *d*-Peptidspaltung durch das entstehende *l*-Leucin blockiert wird³⁾. Gemeinsam mit *H. Baur*⁴⁾ haben wir auch über Versuche mit Peptidasen berichtet, die darauf hinweisen, dass die *l*-Leucylglycinspaltung antipodisch durch das *d*-Peptid gehemmt wird. Eine Beeinflussung der *d*-Alanin-oxydase durch *l*-Alanin ist unter den damals gewählten Versuchsbedingungen nicht erwiesen worden. In den beiden Mitteilungen über den Abbau der Aminosäuren im Gehirn⁵⁾ haben wir nun dieses Problem weiter verfolgt und konnten zeigen, dass sich auch der oxydative Abbau der Aminosäuren durch die Enzyme des Gehirnes antipodisch hemmen lässt. Wie zu erwarten war, wird diese Hemmung weitgehend durch die Konzentrationsverhältnisse der Reaktionspartner beeinflusst. So ist z. B. die Hemmung des *l*-Glutaminsäure-Abbaues nur bei hohen Substratkonzentrationen unter Messung des Sauerstoffverbrauches

¹⁾ Z. physiol. Ch. **265**, 61 (1940).

²⁾ Bioch. Z. **310**, 119 (1941) und **310**, 302 (1941).

³⁾ Naturwiss. **29**, 515 (1941).

⁴⁾ Z. physiol. Ch. **270**, 176 (1941).

⁵⁾ Helv. **27**, 1060 und 1824 (1944).